



Courrier du Centre international Blaise Pascal

11 | 1989
Varia

« L'artifice du mouvement » de la machine arithmétique

Guy Mourlevat



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/ccibp/647>

DOI : 10.4000/ccibp.647

ISSN : 2493-7460

Éditeur

Centre international Blaise Pascal

Édition imprimée

Date de publication : 20 décembre 1989

Pagination : 28-32

ISSN : 0249-6674

Référence électronique

Guy Mourlevat, « « L'artifice du mouvement » de la machine arithmétique », *Courrier du Centre international Blaise Pascal* [En ligne], 11 | 1989, mis en ligne le 11 décembre 2015, consulté le 21 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ccibp/647> ; DOI : 10.4000/ccibp.647

Ce document a été généré automatiquement le 21 avril 2019.

Centre international Blaise Pascal

« L'artifice du mouvement » de la machine arithmétique

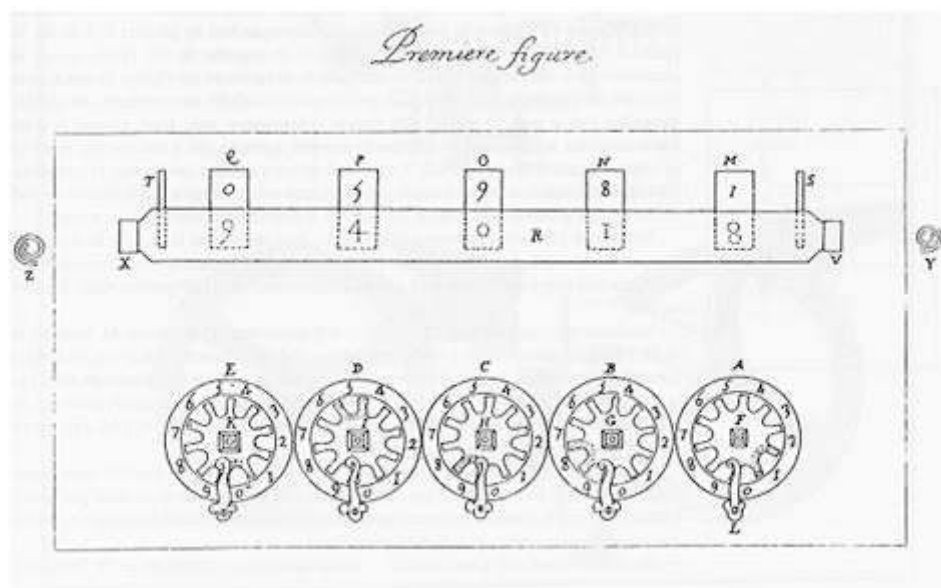
Guy Mourlevat

- 1 Nous avons emprunté cette expression au Privilège du 22 mai 1649. Elle résume parfaitement notre propos. En effet, toutes les machines arithmétiques, jusqu'à l'électronique, mettent des pièces en mouvement. Le fonctionnement de la Pascaline repose sur deux mécanismes essentiels. D'une part, transmettre la rotation de la roue étoilée de l'inscripteur jusqu'au cylindre chiffré par un train d'engrenages. Ce n'est pas le plus difficile : il suffit que le nombre de chevilles ou de dents de pignons soit ajusté pour que le passage d'un rayon de la roue étoilée sous le repère du butoir pousse d'un cran la chiffraison du cylindre. Mais, d'autre part, l'artifice auquel Pascal attache certainement le plus de prix et qui lui a coûté le plus de peine est le report automatique de la retenue : lorsque la roue étoilée a fait un tour complet et que le cylindre chiffré correspondant passe du 9 au zéro, un ingénieux mécanisme, appelé le sautoir, reporte la retenue d'une dizaine sur le cylindre de rang immédiatement supérieur et le fait avancer d'un cran. Le sautoir est d'une conception délicate. Pour expliquer son fonctionnement, nous reproduisons la planche II du tome V de l'*Encyclopédie* paru en 1767 (voir p. 31).
- 2 Sur la figure du haut, en vue de face, le pignon antérieur de droite a été enlevé. Les doigts R et r, fixés sur la roue notée VIII-IX, soulèvent la fourche 4-5-6 au moment où la rotation les présente. Quand les engrenages solidaires de cette roue font passer le cylindre à zéro, la fourche abandonnée par les doigts, retombe de son seul poids et pousse le cliquet mobile 1-2 qui fait tourner la roue 6-7 d'un cran. Le cliquet c interdit le retour en arrière de la roue VIII-IX lorsque la fourche pèse encore sur les doigts R et r. Les surfaces de contact de ce cliquet avec les chevilles internes montrent bien, en effet, qu'elles permettent la rotation dans le sens négatif et interdisent le retour dans le sens positif.
- 3 Ce rappel des deux principes généraux de la Pascaline est indispensable pour éclairer le problème qui va se poser maintenant.
- 4 Dans un article anonyme, la revue *Pour la Science* (édition française de l'*American Scientific*) a cru devoir écrire : « Malheureusement, l'ajustement des reports se faisait

simultanément sur toutes les roues arrivées à 9, ce qui provoquait inévitablement le blocage de la machine lorsqu'on passait par exemple de 599 à 600¹. »

- 5 Dans les deux éditions de son calcul mécanique², M. Taton fait également allusion à un blocage éventuel.
- 6 Ces documents soulignent une difficulté, mais ils sont récents. Or, aucun texte du XVII^e ou du XVIII^e siècle ne parle de blocage. Au contraire. Voici quelques témoignages pascaliens qui tendent à prouver que la machine arithmétique fonctionne sans accroc.
- 7 L'*Avis nécessaire* de 1645 qui suit la *Lettre dédicatoire* au Chancelier Séguier nous apprend que « dans Paris, ceux qui sont les mieux versés aux mathématiques n'ont pas jugé [cette petite machine] indigne de leur approbation ». Un peu plus loin, on souligne « la facilité des mouvements qui ne font aucune résistance... »
- 8 Le *Privilège* de 1649 répète que « le modèle achevé...a été reconnu infaillible par les plus doctes mathématiciens de ce temps qui l'ont universellement honoré de leur approbation ». Mais le passage le plus important de ce texte est sans doute celui où il est enjoint « à tous les ouvriers qui construiront ou fabriqueront lesdits instruments...d'y faire apposer par ledit sieur Pascal ou par ceux qui auront son droit, telle contremarque qu'ils auront choisie pour témoigner qu'ils auront visité lesdits instruments et qu'ils les auront reconnus sans défauts ». Précisément, il s'agissait de garantir la bonne marche des machines authentiques alors que les horlogers de Rouen avaient déjà fabriqué de « fausses copies ». L'inscription « *Esto probati instrumenti symbolum hoc*³ » sur le papier collé à l'intérieur de la trappe de l'exemplaire du 20 mai 1652, peut passer pour une de ces contremarques exigées par le *Privilège*.
- 9 Pour ne pas prolonger outre mesure ces citations, nous ne retiendrons que la lettre d'Antoine Arnauld à l'Abbé Périer, en date du 28 août 1686 : « Je ne scay rien, Monsieur, de particulier de la machine de M. Pascal. Elle est fort difficile à inventer, mais elle est fort aisée à comprendre quant on en a une que l'on peut examiner à loisir. Il faut donc que ce soit la faute de l'ouvrier de ce que l'effet de celle que vous avez fait faire depuis peu n'est pas parfaitement seüre et qu'il y arrive des fautes ; *au lieu que cela n'arrivait point à celle que M. Pascal a fait faire luimesme.* » (C'est nous qui soulignons.)
- 10 Serait-il pensable que l'orgueil de Pascal eût toléré que sa machine tombât en panne au cours d'une de ces démonstrations publiques qui lui ont valu tant de gloire auprès des grands de ce monde ?
- 11 Assurément, les machines arithmétiques sont fiables. Personnellement, nous préférons accorder plus de crédit à Pascal lui-même et ses contemporains qu'aux auteurs modernes qui, après tout, n'appuient leur affirmation que sur un *raisonnement*. Car enfin, une manipulation essentielle sur la Pascaline va donner la preuve indiscutable que la machine répond correctement à toutes les sollicitations. Cette manipulation est la remise à zéro de tous les cylindres en vue d'une nouvelle opération.

Schéma de la machine arithmétique

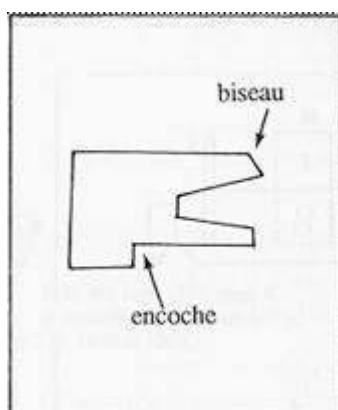


- 12 La dispersion actuelle des machines, la surveillance dont elles sont l'objet et les outrages du temps ne permettent pas de les faire fonctionner, mais deux documents proches de Pascal décrivent le procédé et révèlent l'importance des rayons marqués dont on a totalement négligé l'étude jusqu'à ce jour. Ces rayons particuliers servent précisément à normaliser la remise à zéro.
- 13 Le manuscrit anonyme de *L'Usage de la Machine*⁴, acquis par la Bibliothèque Municipale de Clermont-Ferrand en 1982, nous dit qu'on doit mettre « le poinçon entre les deux rayons couverts de papier blanc » et qu'on doit faire « tourner l'étoile jusqu'à ce que le poinçon soit arrêté ; ce qui fait venir aux petites fenêtres les plus hauts chiffres que chaque roue puisse porter », c'est-à-dire le 9 pour les roues décimales, le 19 pour les sous et le 11 pour les deniers. *L'Usage* poursuit en disant que si l'on avance d'un cran la dernière roue à droite, le cylindre passe du 11 au zéro et le mécanisme des retenues en cascade met tous les cylindres à zéro.
- 14 Le texte et les dessins de Belair apportent une totale confirmation. Jean Bernard, seigneur de Belair, solitaire de Port-Royal, écrivit à Christian Huygens le 4 juillet 1659 en lui promettant de lui faire parvenir une machine. Pour lui permettre d'en voir « par avance la construction » et dans l'attente d'une occasion favorable, cet auteur joint à son commentaire plusieurs dessins dont nous reproduisons la première figure page 29. Ce sont les *seuls exécutés du vivant de Pascal*. Considérant la personnalité de son correspondant et les raisons qui l'ont déterminé, on peut être sûr que les documents de Belair sont scrupuleusement exacts.
- 15 Malgré le style un peu embarrassé, on comprend fort bien. Belair décrit les fourches d'un exemplaire décimal à cinq roues et leur mouvement : « La première (fourche) est appuyée sur la machine (comprendre l'engrenage) des nombres (*les nombres simples ou unités*) et sert à pousser celle des dizaines (*sic*). La seconde est appuyée sur la machine des dizaines et pousse celle des centaines. La 3^e est appuyée sur celle des centaines et pousse celle des mille. La 4^e est appuyée sur celle des mille et pousse celle des dix milles (*sic*). D'où il arrive que quand toutes ces pièces sont levées et prestes à tomber (qui est lorsqu'aux trous de

l'addition tous les 9 paraissent) si on ajoute 1, c'est-à-dire si on fait marcher la roue des unités [d']un cran toutes ces pièces venant à tomber les unes après les autres font passer très promptement ce mouvement de la première roue jusqu'à la dernière. Et au lieu de tous les 9 qui paraissaient, il vient des zéro (*sic*) en leur place. »

- 16 Après la lecture de cette longue description, une interprétation attentive de la planche montre que les rayons marqués d'un grisé de petits points jouent exactement le rôle indiqué par l'*Usage*. La roue E montre bien, en effet, les rayons marqués arrêtés par le butoir, le 9 dans la partie inférieure des fenêtres (addition) et le zéro dans la partie supérieure (soustraction).
- 17 La lettre de Belair est datée. Le manuscrit de l'*Usage* est une copie du milieu du XVIII^e siècle, mais l'original doit sensiblement antérieur. Ces deux textes (le premier n'ayant, à coup sûr, aucune influence sur le second) sont manifestement conformes à la pratique habituelle de la machine et l'on peut estimer que le procédé est couramment appliqué.
- 18 Ainsi persuadé qu'il n'y avait aucun blocage, nous nous sommes efforcé de percer le secret de Pascal.
- 19 Posons nettement le problème avec une machine décimale pour plus de simplicité. Toutes les fenêtres de l'addition sont à 9. Si la main de l'opérateur est toujours assez forte pour entraîner l'engrenage qui va soulever la première fourche correspondant au premier 9, à droite, la situation est différente dès que celle-ci est libérée et retombe de son propre poids ; le mouvement doit alors se propager de droite à gauche uniquement par l'action du mécanisme pascalien ainsi mis en branle. Il faut donc que la première fourche, en retombant, soit capable d'entraîner tout le reste. Son poids doit vaincre le frottement, mais aussi, puisque la main n'intervient plus, soulever à lui seul la fourche suivante, à gauche, qui, à son tour, doit soulever sa voisine de gauche et ainsi de suite. Toutes les fourches n'agissant que par leur propre poids, il est nécessaire que la fourche en amont du mouvement soit plus lourde que la fourche en aval et cela jusqu'à la dernière à l'extrême gauche. Sur la machine de Dresde, il y en a neuf !

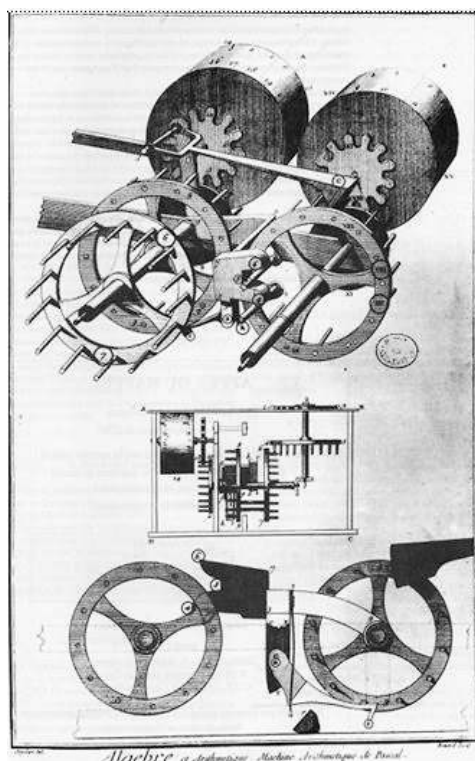
Schéma de la machine de Dresde



- 20 Intrigué par l'encoche et le biseau de la fourche, bien visibles sur la planche de la page 31 et que *rien ne justifie*, nous nous sommes demandés si ces deux particularités, progressivement de plus en plus importantes de droite à gauche n'apporteraient pas l'allègement requis d'amont en aval.
- 21 Vérification fut faite au musée du Ranquet, le 8 décembre, en présence de M. Descotes et de M. Tisserand, conservateur. L'élargissement progressif de l'encoche et du biseau fut

dûment constaté sur la machine du chevalier Durand-Pascal. Mais une seule vérification ne suffit pas et nous avons prié le Musée National des Techniques, à Paris, qui possède quatre machines, de vérifier à son tour. Nous avons reçu une réponse très favorable, mais le C.N.A.M. n'est pas en mesure d'effectuer les travaux dans l'immédiat.

Gravure représentant la machine arithmétique



- 22 Toutefois, nous avons cru opportun de tenir les lecteurs du *Courrier du CIBP* informés de ces recherches et, dans l'attente d'une confirmation plus solide, nous ne voulons pas laisser ignorer les premiers résultats qui représentent, pour le moins, une solution du problème, quelles que soient les découvertes du C.N.A.M. par ailleurs.
- 23 De toute façon, il y a un « artifice ». Il faut alors relire certains textes de Pascal qui prennent une résonance inattendue. À travers les deux principaux dont nous avons déjà cité des extraits, l'*Avis nécessaire* et le *Privilege*, on sent que Pascal ne veut pas tout dire et que ses allusions ont leur secret. Bien entendu, on peut les lire au premier degré et, dans ce cas, ils ne disent rien que de très naturel, mais l'on peut imaginer Pascal riant sous cape de son « truc » insoupçonnable.
- 24 C'est ainsi que nous ne sommes plus aussi naïf en lisant dans l'*Avis nécessaire* : « [cette machine pouvait être moins composée]... Cette proposition ne peut être faite que par certains esprits qui ont véritablement quelque connaissance de la mécanique ou de la géométrie, mais qui, pour ne les savoir joindre l'une à l'autre et toutes deux ensemble à la physique, se flattent ou se trompent dans leurs conceptions imaginaires et se persuadent possibles beaucoup de choses qui ne le sont pas, pour ne posséder qu'une théorie imparfaite des choses en général, laquelle n'est pas suffisante de leur faire prévoir en particulier les inconvénients qui arrivent, ou de la part de la matière, ou des places que doivent occuper les pièces d'une machine dont les mouvements sont différents afin qu'ils soient libres et qu'ils ne puissent s'empêcher l'un l'autre.[...] »

- 25 Pour la facilité de ce même mouvement des opérations, elle est toute apparente, en ce qu'il est aussi facile de faire mouvoir mille et dix mille roues tout à la fois, si elles y étaient, quoique toutes achèvent leur mouvement très parfait, que d'en faire mouvoir une seule (je ne sais si, d'après le principe sur lequel j'ai fondé cette facilité, il en reste un autre dans la nature). »
- 26 Tout commentaire affaiblirait ce cri de triomphe.
-

NOTES

1. N° 90, avril 1985, page 6.
 2. Collection « Que sais-je ? », n° 367, 1949 et 1963.
 3. « Que cela soit un instrument vérifié ». Plus loin du texte, mais son esprit : « Certificat de vérification ».
 4. *Courrier du CIBP*, n°8, 1986, p. 9 sqq.
-

INDEX

Mots-clés : mathématiques, arithmétique, pascaline

Keywords : mathematics, arithmetic